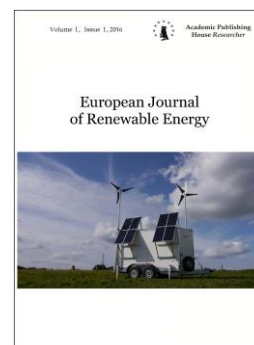


Copyright © 2018 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
European Journal of Renewable Energy  
Has been issued since 2016.  
E-ISSN 2454-0870  
2018, 3(1): 3-8

DOI: 10.13187/ejre.2018.1.3  
[www.ejournal51.com](http://www.ejournal51.com)



## Articles and Statements

### Cogeneration as a Means of Energy Saving

Timur F. Nurmuhamatov <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Izhevsk State Technical University, Russian Federation

#### Abstract

In the near future, systems for the joint production of electric and thermal energy should become one of the vectors for the development of the energy sector in Russia. Compared with existing monopoly tariffs, cogeneration can significantly reduce the cost of energy consumed, as well as solve the important problem of network unloading during peak loads. Cogeneration plants have a greater resource potential, as well as advantages in reliability. The monopolization of the electricity market simply forces the Russian industrial, agricultural and civilian consumers to acquire cogeneration plants.

**Keywords:** cogeneration, trigeneration, economic efficiency, environmental benefits.

#### 1. Введение

В современном мире тенденции развития техники и технологий связаны с экономией энергоресурсов. В настоящий момент топливно-энергетический комплекс России переживает кризисное состояние, основное проявление которого заключается в том, что почти 40 % всех добываемых энергоресурсов идет на обогрев в зимних условиях. Обыденным явлением стало нарушение и перебои снабжения отдельных регионов и потребителей топливом, электрической и тепловой энергией. Поэтому для России меры по энергосбережению и ресурсоэффективности всегда были и будут приоритетными направлениями развития страны. А одним из перспективных направлений по энергосбережению могут стать когенерационные установки.

Когенерация – это технология, представляющая единый процесс производства тепла и электричества. Таким образом, это термодинамическое производство двух или более форм полезной энергии из единственного первичного источника энергии. Генерируемое тепло применяют для отопления зданий, подогрева воды или производства пара в различных промышленных процессах. В отличие от традиционных электростанций, где отработавшие газы выводятся через вытяжную трубу, газы, генерируемые в результате когенерации, охлаждаются, отдавая свою энергию, в контуре горячей воды (пара). Охлажденные газы затем выходят в атмосферу.

Когенератор является эффективной альтернативой тепловым сетям благодаря гибкому изменению параметров теплоносителя в зависимости от требований потребителя в любое время года. Он вырабатывает электроэнергию и тепловую энергию в соотношении 1:1,6. Доход (или экономия) от реализации электроэнергии и тепловой энергии покрывает все расходы на когенератор; окупаемость капитальных вложений на когенераторы происходит

быстрее окупаемости средств, затраченных на подключение к тепловым сетям, обеспечивая тем самым быстрый и устойчивый возврат инвестиций (Белослудцев, 2012, 2013).

У современных когенерационных установок на базе газопоршневых двигателей коэффициент использования теплоты сгорания топлива доходит до 85...90 % и только 10 % теряются. Экономия топлива при выработке энергии в когенерационном цикле может достигать до 40 % по сравнению с отдельным производством того же количества электроэнергии (конденсационная электростанция) и тепловой энергии (водогрейная котельная) (Митюков и др., 2011; Гусев и др., 2012). Например, используя тепло выхлопных газов и охлаждающей жидкости газового двигателя мощностью 500 кВт для отопления, можно обеспечить тепло площадью размером в 4...4,5 тыс. м<sup>2</sup>, поддерживая нормальную температуру в помещениях (Разуваев, 2010).

Одним из важнейших преимуществ когенерационной установки является независимость ее владельца от тепловых сетей. То есть, вне зависимости от экономического состояния дел в теплоэнергетических компаниях, на объекте, который обеспечивается теплом и электроэнергией за счет собственной установки, всегда будет свет и тепло. При этом наличие когенерационных агрегатов позволяет разгрузить электрические сети в крупных городах, а значит снизить риск серьезных перебоев электро- и теплоснабжения в целом. При этом зачастую частные когенерационные установки подключаются к крупным энергосистемам. Это выгодно как самой энергетической компании, так и владельцу установки. Первая получает в свое распоряжение дополнительную дешевую электроэнергию, которую может продавать конечным потребителям по приемлемым для себя тарифам, а владелец за счет работы установки в непрерывном цикле нагрузки получает возможность окупить затраты по ее установке и эксплуатации в течение уже первых трех-четырёх лет использования (Першин, 2014; Башкова и др., 2012).

## 2. Результаты

### Составные части когенерационных установок и их классификации

Когенерационная установка состоит из: силового агрегата (первичный двигатель); электрического генератора; теплообменника (система утилизации тепла); системы контроля и управления.

В зависимости от существующих требований, роль силового агрегата может выполнять: поршневой двигатель (с искровым зажиганием или с воспламенением от сжатия); паровая турбина; газовая турбина или микротурбина.

Генераторы предназначены для преобразования механической энергии вращающегося вала двигателя в электроэнергию.

Генераторы могут быть синхронными или асинхронными. Синхронный генератор может работать в автономном режиме или параллельно с сетью. Асинхронный генератор может работать только параллельно с сетью. Если произошел обрыв или другие неполадки в сети, асинхронный генератор прекращает свою работу. Поэтому, для обеспечения гибкости применения распределенных когенерационных энергосистем чаще используются синхронные генераторы. Таким образом, по типу используемого электрогенератора когенерационные установки делятся на установки с синхронным электрогенератором и установки с асинхронным электрогенератором.

Теплообменники – это специальные конструкции для передачи тепловой энергии от нагретого теплоносителя более холодному. Когенерационные установки по типу используемого теплообменника разделяются на: установки с контактным теплообменником; установки с поверхностным теплообменником; с жаротрубным теплообменником; установки с пластинчатыми и ребристыми теплообменниками; установки с противоточными теплообменниками (Гудков, Лебедева, 2012).

Простейшая схема работы теплоутилизатора состоит в следующем: отходящие газы проходят через теплообменник, где производится перенос тепловой энергии жидкостному теплоносителю (вода, гликоль). После этого охлажденные отходящие газы выбрасываются в атмосферу, при этом их химический и количественный состав не меняется. Кроме того, в атмосферу уходит и существенная часть неиспользованной тепловой энергии. Тому существует несколько причин:

- для эффективного теплообмена температура отходящих газов должна быть выше температуры теплоносителя (не менее чем на 30°C);
- отходящие газы не должны охлаждаться до температур, при которых начинается образование водяного конденсата в дымоходах, что препятствует нормальному выходу газов в атмосферу;
- отходящие газы не должны охлаждаться до температур, при которых начинается образование кислотного конденсата, что приводит к коррозии материалов (особенно это справедливо для топлива с повышенным содержанием сероводорода) (Гудков, Лебедева, 2012).

По типу модуля управления когенерационные установки подразделяются: установки со встроенным модулем управления; установки с переносным модулем управления; установки с отдельным станционным распределителем (для промышленных систем).

Система управления когенерационных установках контролирует прежде всего: автоматический пуск и остановку агрегатов; регулирование частоты вращения и мощности силового агрегата; автоматическую стабилизацию напряжения и частоты тока при одновременном питании потребителей трехфазным и однофазным током с пульсацией в пределах 0,5 %; автоматическое управление контурами охлаждения при переменной тепловой нагрузке станции; управление контурами утилизации тепловыделений при любой конфигурации системы; управление и контроль системой смазки агрегатов; автоматическое пожаротушение и обнаружение утечек топливного и отходящих газов; регулирование газозащитной смеси по содержанию окислов углерода и азота в отработавших газах; защиту электро-силового оборудования при обрыве (пропадании) внешней энергетической системы; защиту от несанкционированного проникновения посторонних лиц в станцию (для промышленных установок).

Одним из важнейших факторов, влияющих на выбор когенерационной или тригенерационной установки, является тип используемого для работы топлива. Обычно применяются следующие виды топлива: природный газ, высокого, среднего и низкого давления; попутный нефтяной газ (ПНГ); биогаз; газ, получаемый при очистке сточных вод; газ, получаемый при утилизации мусора; пропан; бутан; дизельное топливо; керосин; шахтный газ; пиролизный газ (Белослудцев, 2012).

### **Преимущества когенерации**

Преимущества когенерации предлагают превосходный механизм экономического стимулирования:

1. Высокие затраты на энергию могут быть уменьшены в несколько раз.
2. Уменьшение доли энергии в себестоимости продукции позволяет существенно увеличить конкурентоспособность продукта. Темпы роста тарифов на энергию превышают темпы роста цен на продукцию большинства отраслей хозяйства. Это явилось одной из важнейших причин увеличения удельного веса затрат на энергию в себестоимости продукции.
3. Некачественное электроснабжение – главный фактор замедления экономического роста. Когенерация является практически самым оптимальным вариантом обеспечения надежности снабжения электрической энергией.
4. Энергозависимая экономика требует все больше и больше энергии для работы и развития. При традиционном энергообеспечении возникает множество организационных, финансовых и технических трудностей при росте мощностей предприятия, поскольку часто необходимы прокладка новых линий электропередач, строительство новых трансформаторных подстанций, перекладка теплотрасс и т.д. В то же время, когенерация предлагает крайне гибкие и быстрые в плане наращивания мощностей решения. Наращивание мощностей может осуществляться как малыми, так и достаточно большими долями. Этим поддерживается точная взаимосвязь между генерацией и потреблением энергии. Таким образом, обеспечиваются все энергетические нужды, которые всегда сопровождают экономический рост.
5. Стоимость прокладки энергокоммуникаций и подключение к сетям могут вылиться в сумму, сравнимую или превосходящую стоимость проекта когенерации. Большая часть

территории России (по различным оценкам от 50 до 70 %) располагается вне зоны действия централизованных электрических сетей. Природоохранные ограничения, стоимость земли и воды, государственное регулирование – есть тысячи препятствий для энергокомпаний, решившей построить новую мощную электростанцию.

6. Топливом является газ, его преимуществом является относительная дешевизна, мобильность и доступность.

7. Когенерация позволяет воздержаться от бесполезных и экономически неэффективных затрат на средства передачи энергии, к тому же исключаются потери при транспортировке энергии, так как энергогенерирующее оборудование установлено в непосредственной близости от потребителя.

### **Экологические выгоды когенерации**

1. Производство энергии – главный источник загрязнения. Когенерация, используя первичное топливо в два-три раза эффективней традиционной энергетики, снижает выбросы загрязняющих веществ (оксида азота, двуокиси серы и летучих органических соединений) в 2–3 раза, в зависимости от конкретного случая.

2. Штрафы за сжигание попутного газа. Одним из эффективных способов утилизации попутного газа является его использование в качестве топлива в установках, обеспечивающих энергоснабжение промыслов и населенных пунктов, находящихся недалеко от месторождений.

3. Свалки больших городов и очистные сооружения городской канализации при утилизации метана в малых и средних системах когенерации дадут не только дополнительную электроэнергию городу, но и примерно в 20 раз уменьшат загрязнение атмосферы по сравнению с его сжиганием.

4. Торговля квотами при Киотском протоколе. Киотский протокол предусматривает определенные финансовые механизмы, позволяющие привлечь дополнительные денежные средства субъектам хозяйственной деятельности, реализующим проекты, прямо или косвенно приводящие к снижению выбросов парниковых газов.

5. Снятие многих экологических ограничений на строительство объекта.

### **3. Заключение**

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что очевидной необходимостью для России является развитие систем совместного производства электрической и тепловой энергии. Эти системы, по сравнению с существующими монопольными тарифами, позволяют существенно снизить затраты на потребляемую энергию, а так же решить важную проблему пиковых нагрузок и недостатков централизованных систем. Когенерационные установки имеют большой ресурсный потенциал, а так же преимущества в надежности, диапазоне мощностных ресурсов. Очевидным является и то, что монопольное владение электроэнергетическим рынком, подкрепленное технико-правовыми нормами и существующей практикой ставит российского промышленного, сельскохозяйственного и гражданского потребителя в безвыходное положение, вынуждая его к приобретению когенерационных установок. Благодаря меньшим денежным затратам на строительство, использование когенерационных установок положительно повлияет на экономику страны. Экологическая выгода от использования когенерационных систем так же является очевидной: их использование значительно уменьшает уровень выброса загрязняющих веществ в атмосферу ([Гудков, Лебедева, 2012](#)).

Приступая к работам по созданию когенерационной системы необходимо понимать, что каждый проект несет в себе значительную долю уникальности, связанную с внешними (цены на топливо, надежность снабжения, тарифы сетей) и внутренними (профиль потребления тепла и электроэнергии, пиковые нагрузки, необходимый уровень надежности и качества энергоснабжения) факторами.

Для того, чтобы добиться высокой эффективности от внедрения когенерации, необходимо, помимо установки современного оборудования, провести анализ и выработать и реализовать мероприятия по повышению энергетической эффективности объекта в целом. В сочетании с всесторонней оценкой экономической составляющей проекта и тщательным



контролем за исполнением позволят реализовать решение, которое обеспечит конкурентные преимущества на рынке (Белослудцев, Митюков, 2013).

### Литература

Башкова и др., 2012 – Башкова Г.И., Митюков Н.В., Бусыгина Е.Л. Модернизация теплообменников Сарапульской ТЭЦ // *Международный журнал экспериментального образования*. 2012. №8. С. 61–62.

Белослудцев, 2012 – Белослудцев И.С. Применение когенерационных систем // *Новый университет. Серия «Технические науки»*. 2012. № 4. С. 26-31.

Белослудцев, Митюков, 2013 – Белослудцев И.С., Митюков Н.В. Экономическое обоснование целесообразности применения когенерационных установок на промышленном предприятии // *Вестник ИжГТУ*. 2013. № 3. С. 75–76.

Гудков, Лебедева, 2012 – Гудков С.А., Лебедева Е.А. Когенерация, использование когенерационных установок / *IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум 2012»*. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2012/2930.pdf>

Гусев и др., 2012 – Гусев Н.П., Митюков Н.В., Бусыгина Е.Л. Модернизация котельной МУП «Сарапульский водоканал» // *Международный журнал экспериментального образования*. 2012. №8. С. 65–66.

Дементьева и др., 2012 – Дементьева О.В., Митюков Н.В., Бусыгина Е.Л. Модернизация ТЭЦ города Глазова // *Международный журнал экспериментального образования*. 2012. № 8. С. 73–74.

Митюков и др., 2011 – Митюков Н.В., Гусев Н.П., Башкова Г.И., Гусев А.Е. Теория принятия решений в практических задачах энергосбережения. Ижевск: Изд-во НОУ ВПО КИГИТ, 2011. 36 с.

Першин, 2014 – Першин С.А. Оптимизация параметров когенерационной установки // *Новый университет. Сер. Технические науки*. 2014. № 5–6. С. 78–91. DOI: 10.15350/2221-9552.2014.5-6.0009

Разуваев, 2010 – Разуваев А.В. Целесообразность применения систем утилизации тепла ДВС // *Турбины и дизели*. 2010. № 1. С 48-50.

### References

Bashkova dr., 2012 – Bashkova, G.I., Mityukov, N.V., Busygina, E.L. (2012). Modernizaciya teploobmennikov Sarapulskoj TECz [Modernization of heat exchangers of Sarapul CHP]. *Mezhdunarodny zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya*, 8: 61–62. [in Russian]

Belosludcev, 2012 – Belosludcev, I.S. (2012). Primenenie kogeneracionnyh sistem [The use of cogeneration systems]. *Novy universitet. Seriya «Texnicheskie nauki»*, 4: 26-31. [in Russian]

Belosludcev, Mityukov, 2013 – Belosludcev, I.S., Mityukov, N.V. (2013). Ekonomicheskoe obosnovanie celesoobraznosti primeneniya kogeneracionnyh ustanovok na promyshlennom predpriyatii [The economic rationale for the feasibility of using cogeneration plants in an industrial enterprise]. *Vestnik IzhGTU*, 3: 75-76. [in Russian]

Dementeva i dr., 2012 – Dementeva, O.V., Mityukov, N.V., Busygina, E.L. (2012). Modernizatsiya TETs goroda Glazova [Modernization of CHPP of Glazov city]. *Mezhdunarodny zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya*, 8: 73-74. [in Russian]

Gudkov, Lebedeva, 2012 – Gudkov, S.A., Lebedeva, E.A. (2012). Kogeneraciya, ispolzovanie kogeneracionnyh ustanovok [Cogeneration, the use of cogeneration plants]. *IV Mezhdunarodnaya studencheskaya elektronnyaya nauchnaya konferenciya «Studencheskij nauchny forum 2012»*. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2012/2930.pdf> [in Russian]

Gusev i dr., 2012 – Gusev, N.P., Mityukov, N.V., Busygina, E.L. (2012). Modernizaciya kotelnoj MUP «Sarapulskij vodokanal» [Modernization of the boiler house of MUP "Sarapulsky Vodokanal"]. *Mezhdunarodny zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya*, 8: 65-66. [in Russian]

Mityukov i dr., 2011 – Mityukov, N.V., Gusev, N.P., Bashkova, G.I., Gusev, A.E. (2011). Teoriya prinyatiya reshenij v prakticheskix zadachax energosberezheniya [The theory of decision making in practical problems of energy saving]. Izhensk: Izd-vo NOU VPO KIGIT. 36 p. [in Russian]

[Pershin, 2014](#) – *Pershin, S.A.* (2014). Optimizaciya parametrov kogeneracionnoj ustanovki [Optimization of parameters of cogeneration plant]. *Novy universitet. Ser. Texnicheskie nauki*, 5–6: 78–91. DOI: 10.15350/2221-9552.2014.5-6.0009 [in Russian]

[Razuvaev, 2010](#) – *Razuvaev, A.V.* (2010). Tselesoobraznost' primeneniya sistem utilizacii tepla DVS [The feasibility of using heat recovery systems of internal combustion engines]. *Turbiny i dizeli*, 1: 48-50. [in Russian]

## **Когенерация как средство энергосбережения**

Тимур Фаритович Нурмухаматов <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова,  
Российская Федерация

**Аннотация.** В ближайшее время системы совместного производства электрической и тепловой энергии должны стать одним из векторов развития энергетики России. По сравнению с существующими монопольными тарифами, когенерация позволяет существенно снизить затраты на потребляемую энергию, а так же решить важную проблему разгрузки сетей при пиковых нагрузках. Когенерационные установки имеют и большой ресурсный потенциал, а так же преимущества в надежности. Монополизация электроэнергетического рынка просто вынуждает российского промышленного, сельскохозяйственного и гражданского потребителя к приобретению когенерационных установок.

**Ключевые слова:** когенерация, тригенерация, экономическая эффективность, экологическая выгода.